PART2　実際の生物集団の進化

目標
・遺伝的浮動による中立進化を理解する。
・ハーディ・ワインベルグの法則を用いて簡単な計算問題に対応できる。

Chapter1　遺伝的浮動

◆ 中立な突然変異と遺伝的浮動

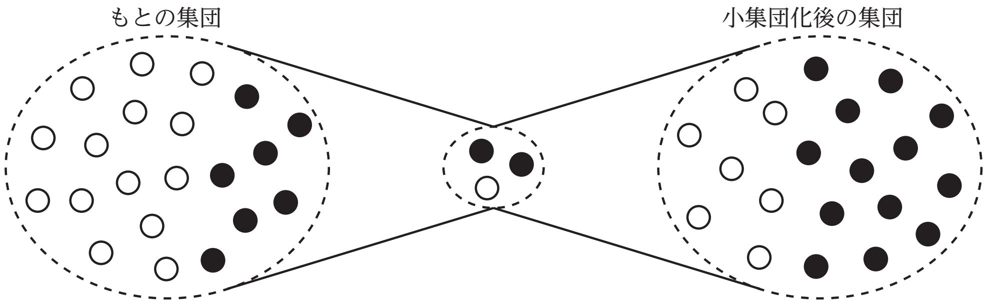
突然変異によって起こる DNA の塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列の変化などの分子レベルの変化を，（　　　　　　　）という。

生存や繁殖に影響を与える対立遺伝子に対しては，自然選択がはたらくため，有利な対立遺伝子は集団内に広まり，不利な対立遺伝子は集団から除かれていく。

一方で，突然変異で生じた対立遺伝子の大部分は，生存や繁殖に影響しない（　　　　）的なものであり，そのような対立遺伝子には自然選択がはたらかないため，遺伝子頻度は増減しないはずである。

実際には，中立な突然変異であっても，世代を経るなかで偶然によって遺伝子頻度が増減する場合がある。そのような偶然による遺伝子頻度の変化を,（　　　　　　　）という。

例 びん首効果　(集団のサイズが小さくなることで起こる遺伝子頻度の変化)

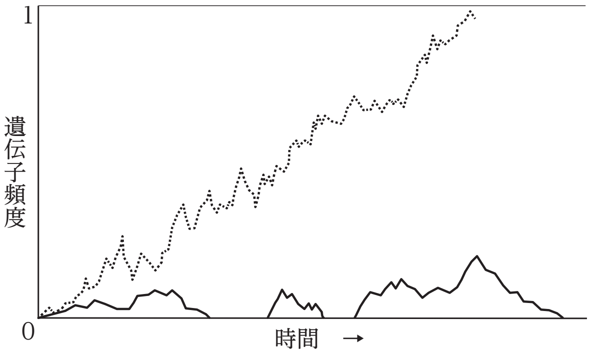


遺伝的浮動は小さい集団に対して，より強くはたらく。

◆ 遺伝的浮動と中立進化

遺伝的浮動によって中立な対立遺伝子の頻度も変化する。突然変異によって生じた中立な対立遺伝子の大部分は消失してしまう（下図の実線）が，一部は集団全体に広まる（下図の点線）場合がある。

このような遺伝的浮動によって起こる進化を，自然選択による適応進化に対して，（　　　　　　）という。中立進化によって広まった形質は，適応的であるとは限らない。



Chapter2　ハーディ・ワインベルグの法則

◆ ハーディ・ワインベルグの法則

① 集団のサイズが十分に大きい（遺伝的浮動の影響を無視できる)。

② 個体の生存力や繁殖力に差がない（自然選択がはたらかない)。

③ 個体の移入や移出などの遺伝子の流入・流出がない。

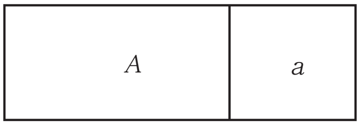
④ 突然変異が起こらない。

⑤ ランダムに交配が起こる。

以上の①～⑤が成立している場合は，世代を経ても遺伝子頻度が変化しない。すなわち，進化が起こらない。

また，この条件が保たれたまま世代を経ると，遺伝子頻度も一定の平衡状態に達し，これを遺伝的平衡（ハーディ・ワインベルグ平衡）という。このとき，遺伝子頻度と遺伝子型頻度の間に特定の関係が成立する。

遺伝子頻度　　　　　　　　遺伝子型頻度



⇔　*AA* : *Aa* : *aa*

A : a = p : q　　　　p^2 : $2pq$: q^2

例 *A* : *a* = 0.6 : 0.4 ←→ 0.36 : 0.48 : 0.16

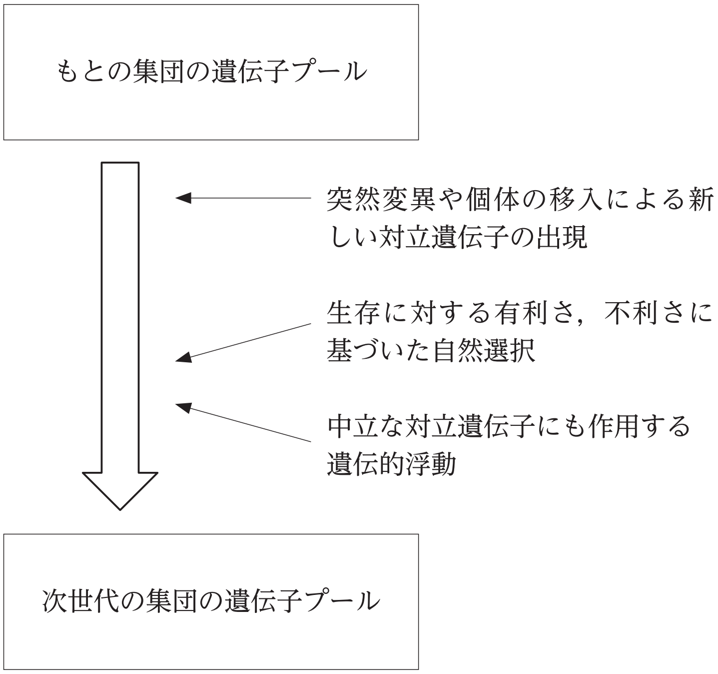
例 *A* : *a* = 0.3 : 0.7 ←→ 0.09 : 0.42 : 0.49

実際の集団では，①～⑤の条件がすべて満たされることはないため，世代を経るごとに遺伝子頻度は変化する。 これにより進化が起こることがある。

Chapter3　進化の過程

◆ 進化の過程

実際の生物集団の進化は，さまざまな要因によって起こる。



・（　　　　　　　）：　遺伝子頻度の変化などの小規模な進化現象
・（　　　　　　　）：　新しい種の出現などの大規模な進化現象

まとめ

・生存に影響しない中立な対立遺伝子であっても，遺伝的浮動によって遺伝子頻度が増減する。
・突然変異，自然選択，遺伝的浮動などのはたらきによって遺伝子頻度が変化し，進化が起こる。

Chapter4　演習問題

　ある生物の体色を決める遺伝子 (対立遺伝子 D と d) は D をもつと体色が黒色に，もたないと白色になる。この生物のある集団で, 表現型の割合は黒色が 84%, 白色が 16%であった。この集団内で a 任意に交配が起こると，次世代の表現型の割合は親世代と同じになる。このとき，D の遺伝子頻度 (p) は［ X ］，d の遺伝子頻度 (q) は［ Y ］になり，遺伝子型がヘテロ接合体の個体の割合は集団全体の［ Z ］%になる。

問 1　X・Y に入る値をそれぞれ一つずつ選べ。

① 0.1　② 0.2　③ 0.3　④ 0.4　⑤ 0.5　⑥ 0.6
⑦ 0.7　⑧ 0.8　⑨ 0.9

問 2　Z に入る値を一つ選べ。

① 6　② 12　③ 18　④ 24　⑤ 36　⑥ 48
⑦ 60　⑧ 72　⑨ 84　⑩ 96

問 3　下線部 a のほかにハーディ・ワインベルグの法則が成り立つために必要な条件はどれか。答えは＜解答群＞の中から一つ選べ。

ア　遺伝子型や表現型の違いによる自然選択がはたらかない。
イ　集団に発生した突然変異が遺伝する。
ウ　他の集団との間で個体の移出や移入がない。

＜解答群＞
① ア　② イ　③ ウ　④ アとイ
⑤ アとウ　⑥ イとウ　⑦ アとイとウ

< Note >

第4講　PART2　確認問題

問1　突然変異で生じた，生存や繁殖に影響を与える対立遺伝子には，（　ア　）がはたらくため，生存に有利な対立遺伝子は集団内に広がりやすくなる。一方で，突然変異で生じた対立遺伝子の大部分は，生存や繁殖に影響しない中立的なものである。中立な突然変異でも，（　イ　）によって世代を経るなかで遺伝子頻度に変化が生じることがあり，このような進化を（　ウ　）という。

実際の生物集団の進化は，上記のようにさまざまな要因によって起こるが，(a)規模の大きさにより小進化や大進化がある。

(1)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　自然選択　　②　種分化
③　地理的隔離　　④　共進化

(2)　文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　適応放散　　②　収れん
③　遺伝的浮動　　④　性選択

(3)　文中の（　ウ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　適応進化　　②　中立進化
③　共進化　　④　化学進化

(4)　下線部 (a) について，遺伝子頻度の変化は「小進化」，「大進化」のどちらの進化現象か。適当なものを，次の①，②のうちから一つ選べ。

①　小進化　　②　大進化

問 2　ある生物集団について，遺伝子頻度が世代を経ても変化しないとき，ハーディ・ワインベルグの法則が成立し，この状態である生物集団は（　ア　）にあるという。しかし，実際の生物集団ではハーディ・ワインベルグの法則は成立しないため，遺伝子頻度は変化し，これにより進化が起こる。

(1)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　遺伝的浮動　　②　中立
③　遺伝的平衡　　④　共進化

(2)　ある生物集団において，ハーディ・ワインベルグの法則が成り立つとする。親世代の対立遺伝子（A と a）の遺伝子頻度は，$A : a = 0.8 : 0.2$ であった。この親世代から生じるヘテロ接合体の子の遺伝子型頻度として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　0.04　　②　0.16
③　0.32　　④　0.64

第 4 講　進化のしくみ

PART1　遺伝子頻度と自然選択

問 1　(ア) 相同　(イ) 相似　(ウ) 適応放散　(エ) 収れん

問 2　①

PART2　実際の生物集団の進化

問 1　X：⑥　Y：④

問 2　⑥

問 3　⑤

PART3　種分化

問　(ア) 地理的隔離　(イ) 生殖的隔離　(ウ) 染色体

(エ) 自然選択　(オ) 遺伝的浮動

第 4 講　PART2　確認問題　解答

問 1

(1)　①

解説：
生存や繁殖に影響を与える対立遺伝子に対しては，自然選択がはたらくため，有利な対立遺伝子は集団内に広まり，不利な対立遺伝子は集団内から取り除かれていく。

(2)　③

解説：
中立な突然変異であっても，世代を経るなかで偶然によって遺伝子頻度が増減する場合がある。そのような偶然による遺伝子頻度の変化を遺伝的浮動という。

(3)　②

解説：
自然選択による適応進化に対して，遺伝的浮動によって起こる進化を中立進化という。中立進化で広まった形質は適応的であるとは限らない。

(4)　①

解説：
遺伝子頻度の変化などの小規模な進化を小進化，新しい種の出現などの大規模な進化を大進化という。

問２

⑴　③

解説：

ハーディ・ワインベルグの法則が成立している集団では，進化は起こらず，この条件が保たれたまま世代を経ると，遺伝子頻度と遺伝子型頻度は一定の平衡状態に達する。

⑵　③

解説：

遺伝的平衡のとき，以下の関係が成立する。

遺伝子頻度　⇔　遺伝子型頻度

$A : a = p : q$　⇔　$AA : Aa : aa = p^2 : 2pq : q^2$

よって，遺伝子型がヘテロ接合体の子の遺伝子頻度，すなわち Aa のとき，$Aa = 2 \times 0.8 \times 0.2 = 0.32$ となる。